

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	1
1.1 Introducción	1
1.2 Planteamiento del Problema	3
1.3 Pregunta de investigación	6
1.4 Justificación	6
1.4.1 Justificación Técnica	6
1.4.2 Justificación Económica - Ambiental	6
1.5 Objetivos	6
1.5.1 Objetivo General	6
1.5.2 Objetivos Específicos	6
1.6 Alcance	7
1.7 Metodología de Investigación	7
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	10
2.1 Marco Conceptual	10
2.1.1 Conceptos de Alumbrado Público	10
2.1.1.1 Alumbrado Público	10
2.1.1.2 Eficiencia	11
2.1.1.3 Eficiencia Energética	11
2.1.1.4 Lámparas	12
2.1.1.5 Luminarias	13
2.1.2 Características y magnitudes luminosas	14
2.1.2.1 Flujo Luminoso	14
2.1.2.2 Intensidad Luminosa	14
2.1.2.3 Iluminación	15
2.1.2.4 Luminancia	15
2.1.2.5 Eficacia luminosa	15
2.1.2.6 Vida útil	16
2.1.2.7 Color de luz	17
2.1.2.8 Temperatura de color (TC)	17
2.1.2.9 Índice de reproducción cromática (IRC)	18
2.1.2.10 Contaminación lumínica	19
2.1.3 Indicadores económicos para evaluación de proyectos de eficiencia energética	21

2.1.3.1	Periodo simple de recuperación (PSR).....	21
2.1.3.2	Valor Actual Neto (VAN).....	22
2.1.3.3	Tasa interna de retorno (TIR).....	23
2.1.3.4	Factor de recuperación de capital (FRC).....	24
2.1.3.5	Costo de ciclo de vida (CCV).....	25
2.1.3.6	Costo de ciclo de vida anualizado/Costo anualizado total (CCVA/CAT).....	26
2.1.3.7	Relación de Eficiencia (%).....	27
2.1.3.8	Costo de energía conservada (CEC).....	28
2.2	Marco Referencial.....	28
2.2.1	Tecnologías para Alumbrado Público.....	28
2.2.1.1	Lámpara Incandescente.....	28
2.2.1.2	Lámpara Fluorescente Tubular.....	29
2.2.1.3	Lámpara de Vapor de Mercurio a Alta Presión.....	29
2.2.1.4	Lámpara de Halogenuros Metálicos.....	30
2.2.1.5	Lámpara Vapor de Sodio a Alta Presión.....	30
2.2.1.6	Lámparas de Inducción.....	31
2.2.1.7	Lámparas LED.....	33
2.2.2	Criterios técnicos principales de la tecnología LED según la DAP.....	34
2.2.2.1	Carcasa.....	34
2.2.2.2	Bloque Óptico.....	35
2.2.2.3	Bloque Eléctrico.....	37
2.2.2.4	Peso.....	40
2.2.3	Implementación de Tecnología LED en el Sistema de Alumbrado Público en otros países 40	
2.2.4	Modelos para Toma de Decisiones Multi-criterio.....	43
2.2.4.1	Método de Análisis de cuadrícula (matriz de decisiones).....	47
2.2.4.2	Método Electre (Elimination and choice translating reality).....	48
2.2.4.3	Método Promethee (Preference ranking organization method for enrichment evaluation) 49	
2.2.4.4	Método AHP (Proceso Analítico Jerárquico).....	50
2.2.5	Ejemplos de aplicación de Decisión Multi-criterio.....	52
2.2.5.1	La Toma de Decisiones para la Selección del mejor Sistema de Iluminación Híbrido...52	
2.2.5.2	Aplicación de un Análisis de Decisión Multi-Criterio para Seleccionar Luminarias de Iluminación Pública.....	54

CAPÍTULO III: ESTADO ACTUAL DEL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO EN SANTA CRUZ DE LA SIERRA.		59
3.1	Sistema de Alumbrado Público de Santa Cruz de la Sierra.....	59
3.2	Proceso de Adquisición para el Cambio y Modernización Tecnológica (Luminarias).....	64
 CAPÍTULO IV: DISEÑO DE LA METODOLOGÍA PARA LA SELECCIÓN DE TECNOLOGÍAS PARA ALUMBRADO PÚBLICO		75
4.1	Paso 1: Descomposición del problema de decisión.....	78
4.1.1	Selección de criterios en base a Norma Boliviana, Especificaciones Técnicas y F V-4 de la D.A.P. 81	81
4.1.2	Determinación de participantes con experiencia en Alumbrado Público.....	81
4.2	Paso 2. Ajuste de prioridad de los criterios por comparación de pares (peso).....	82
4.2.1	Diseño de formulario para participantes.....	83
4.2.2	Conversión de respuestas a Escala Saaty	86
4.2.3	Simulación con SuperDecisions y obtención de resultados	87
4.2.4	Análisis estadístico y unificación de los resultados	90
4.3	Paso 3: Primera selección de tecnologías en base a criterios técnicos	96
4.3.1	Definición de alternativas y sus especificaciones técnicas.....	96
4.3.2	Definición de categorías de calificación para cada criterio	98
4.3.3	Evaluación de alternativas en Super Decisions	99
4.3.4	Análisis de resultados y selección de las mejores alternativas	101
4.4	Paso 4: Selección final de tecnologías en base a indicadores económicos	102
4.4.1	Definición de indicadores económicos y datos requeridos para su cálculo	103
4.4.2	Cálculo de indicadores económicos	105
4.4.3	Análisis de los resultados de los indicadores	105
4.4.4	Toma de decisión	107
 CAPÍTULO V: VALIDACIÓN DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA A TRAVÉS DE UN CASO DE ESTUDIO		109
5.1	Aplicación del Paso 3: Primera selección de tecnologías en base a criterios técnicos.....	110
5.1.1	Paso 3.1. Definición de alternativas y sus especificaciones técnicas	111
5.1.2	Paso 3.2. Definición de categorías de calificación para cada criterio	113
5.1.3	Paso 3.3. Evaluación de alternativas en Super Decisions	118
5.1.4	Paso 3.4. Análisis de resultados y selección de las mejores alternativas	118
5.2	Aplicación del Paso 4: Selección final de tecnologías en base a indicadores económicos	119
5.2.1	Paso 4.1. Definición de indicadores económicos y datos requeridos para su cálculo	120
5.2.2	Paso 4.2. Cálculo de indicadores económicos.....	121

5.2.3 Paso 4.3. Análisis de los resultados de los indicadores126

5.2.4 Paso 4.4. Toma de decisión130

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES133

BIBLIOGRAFÍA.....140

ANEXOS.....151